

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 6 - 9 4 8 2 9

(43) 公開日 平成6年 (1994) 4月8日

(51) Int. Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 S 13/34		8940 - 5 J		
B 6 0 T 7/12		C 9237 - 3 H		
G 0 8 G 1/16		E 2105 - 3 H		

審査請求 未請求 請求項の数 6

(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-108503

(22) 出願日 平成5年 (1993) 5月10日

(31) 優先権主張番号 9209974:6

(32) 優先日 1992年5月8日

(33) 優先権主張国 イギリス (GB)

(71) 出願人 592098322

フィリップス エレクトロニクス ネムロ

ーゼ フェンノートシャップ

PHILIPS ELECTRONICS

NEAMLOZE VENNOOTSH

AP

オランダ国 5621 ベーアー アイन्दー

フェン フルーネヴァウツウェハ I

(72) 発明者 アンドリュウ ジェラルド ストープ

イギリス国 サリー アールエッチ 2 7エ

ッチエヌ レイゲート ハリソン クロー

ズ 30

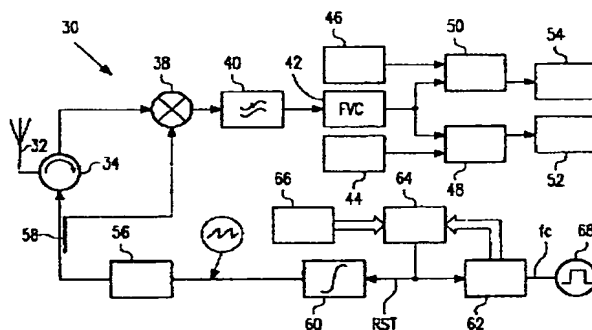
(74) 代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外5名)

(54) 【発明の名称】 車両クルーズ制御システム及びそのレーダ装置

(57) 【要約】

【目的】 FMCWレーダ・システムを使用してレンジ・ドップラー結合及び複雑化の問題を解決したレーダ・システムの提供。

【構成】 レーダ・システムに対し相対的に移動している目標の将来の時間の範囲を判定するレーダ・システム (30)。該システムは、スイープ期間 d (s) に対して基本 (ベース) 周波数 f (Hz) からレート r (Hz/s) で時間的に増大する周波数の信号を供給する R.F. 源 (56) を含む。この信号が送出され、目標の反射する信号が送出された信号の一部と混合 (38) され、目標のレンジに比例する周波数を持つ信号を与える。R.F. 源はベース周波数 f を時間 t (s) で割ったものに等しいスイープ・レート r を持ち、この時間 t は目標が測定されたレンジに入るまでの遅延である。こうして予測されるレンジは相対速度に複雑な補償をすることなく得られる。該システムは余分な回路を要せずに速度フィードバックも供給できる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 将来の予測時間 t におけるレーダ装置に対し相対的に移動しているターゲットと該レーダ装置間の距離（レンジ）を予測するレーダ装置であり、基本周波数 f （Hz）より上側に毎秒 r （Hz）の割合で周波数を変化（スイープ）させる周波数信号を反復送信する手段と、ターゲットより反射されたリターン信号の受信手段と、該リターン信号と、送信信号を表わす信号とを混合して差信号を形成するミキサ手段とを有し、この場合前記差信号はレーダ装置とターゲット間の距離による周波数成分と、ターゲットのレーダ装置との相対速度による周波数成分とを有しているレーダ装置において、所定の基本周波数 f と予測時間 t に対し、信号反復送信手段は、送信信号を

$$r = f / t$$

の速度でスイープさせる手段を有しており、この r の値は、レーダ装置に対するターゲットの相対速度に起因する差信号の周波数成分が、予測時間 t において、ターゲットがレーダ装置に対し前記相対速度で走行すべき距離に対応する如く選択することを特徴とするレーダ装置。

【請求項2】 予測時間 t を車両の応答遅延時間にほぼ等しくしたと、さらに、所望の前方車間距離（ヘッドウェイ）信号形成手段と、レーダ装置によって定められる距離（レンジ）信号と前記所望前方車間距離信号とを比較して差信号を形成する手段、並びに該差信号に应答して車両の速度を調節する信号を形成する手段を有してなる請求項1記載のレーダ装置を具える車両用クルーズ制御システム。

【請求項3】 レーダ装置によって決定される距離信号に应答して、距離が所定値以下のときは車両へのブレーキ信号を生ずる如くした請求項2記載のシステム。

【請求項4】 レーダ装置によって決定される距離信号に应答して、距離が所定値以下のときは、少なくとも1個の衝突保護バックを膨脹させるよう作動する信号を形成する手段を設けた請求項2または3記載のシステム。

【請求項5】 車両の走行装置に車速調整用信号を供給する手段を設けた請求項2ないし4の1つに記載のクルーズ制御システムと車両停止手段、並びに車両走行手段を有する車両。

【請求項6】 将来の t 秒の予測時間におけるレーダ装置と、相対的に移動しているターゲット間の距離を予測する方法であって、

基本周波数 f （Hz）より毎秒 r （Hz）の比率で上方に何回も周波数がスイープする周波数信号を反復送信し、

ターゲットによって反射されて戻るリターン信号を受信し、

リターン信号と、送信信号を表わす信号とを混合して差信号を形成し、この差信号はレーダ装置とターゲット間の距離による成分と、ターゲットのレーダ装置に対する

2

相対速度による成分とを有する周波数を有する方法において、

所定の基本周波数 f と予測時間 t に対し、送信信号を $r = f / t$

の速度でスイープし、この値は、ターゲットとレーダ装置間のターゲットの相対速度による差信号周波数成分が、予測時間 t 内にターゲットが前記相対速度でレーダ装置に対し移動すべき距離に対応する如く選定することを特徴とするレーダ装置に対して移動しているターゲットの間の距離予測方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】 本発明は、限定されないが、とくに車両のインテリジェント クルーズ（自動走行）制御用の距離（レンジ）値（range value）予測用の連続波レーダ方式に関する。

【0002】

【従来の技術】 周波数変調連続波（FMCW）レーダ方式は、対応するパルス方式に比し装置が簡単であり、ピーク電力出力が少なくてすむため普及してきている。チェリー（Cherry）他の米国特許第3,710,383号は自動車用の前方車間距離（ヘッドウェイ）制御方式の距離（レンジ）入力発生用FMCWレーダ方式を開示している。前方を進行中の車両に向って変調搬送波を伝送し、反射波を受信する。進行車両の前方車間距離は、伝送信号の瞬時値と受信信号の瞬時値の間の差周波数又はビート周波数によって決定する。

【0003】 従来のFMCWレーダ方式において判明している欠点は、ターゲット（あるいは先行車両）のレーダ装置に対する速度が計測したレンジに影響を及ぼすことである。これはレーダ アンテナに対するターゲットの速度が、ドップラー効果によって周波数偏位を生じ、これによって周波数の変化が生ずるためである。このドップラー効果による周波数の偏位（シフト）はターゲットの認識される車間距離（レンジ）を変化させるので、レンジ・ドップラー結合と称される。

【0004】 レンジ・ドップラー結合の問題の解決方法の1つは、周波数が増加したり減少したりする送信波に変調周波数エンベロープを供給することである。ドップラー現象により受信信号に加わる周波数偏位（シフト）は、レーダ周波数の増減（スイープ）の瞬間的方向に関係なく、接近中のターゲットに対しては正であり、遠ざかってゆくターゲットに対しては負であり、一方ターゲットの距離（レンジ）による周波数偏位は周波数スイープの方向に応じて極性を変化させる。従って、ターゲットのレンジによる周波数シフトと、ドップラー現象による周波数シフトとは識別が可能である。しかしながらこのようにして双方向の周波数スイープを使用すると、複数のターゲット間で混乱を生ずる可能性が増加する。

【0005】 上に代る解決手段は、FMCWレーダを用

10

20

30

40

50

いて距離を測定し、距離信号（またはビート周波数）を微分してターゲットの速度を導き、このターゲット速度よりレンジ・ドップラー結合による誤差を計算するものである。しかしこの方法は、大振幅の信号より小さな値の差信号を得ようとするものであるため実際上の実現は困難であり、とくに自動車のようなノイズの多い環境で連続的にこれを得ることは極めて困難である。

【0006】FMCWレーダ方式は、例えば前述の如き車両の先方車間距離制御方式等の制御システムに多く用いられ、この場合予知的要素が必要となる。先方車間距離（ヘッドウェイ）制御方式においては、エンジンのスロットル開度の変化に対する車両の応答の遅れの許容値を考慮する必要がある。

【0007】図1は、車両の先方車間距離（ヘッドウェイ）制御システム10の従来例のブロック図である。ルックアップ テーブル12に所望の速度値DSを供給し、所望ヘッドウェイDH信号（感知可能な停止距離に基づく）を形成し、これを制御ユニット（CNTL）14に送る。制御ユニット（CNTL）14はさらに3つの信号、すなわちヘッドウェイ測定HW、相対速度測定RV、推定加速EAの各信号を形成する。制御ユニットCNTLは、車両のスロットル（図示せず）に供給する変化率を制御する信号TCを作成する。この信号TCは、インテグレータ16にも供給される。インテグレータ16は、車両の移動に応じて定まる長さの遅延を生じさせ、信号TCに応じ予測した加速信号EAをCNTL

14に送付する。ヘッドウェイ信号HWは基本的にはヘッドウェイ信号の微分により導出される相対速度RVと、FMCWレーダ（図示せず）とによって形成される。説明の都合上、予測加速信号EAは他のインテグレータ18に供給する如く図示してある。このインテグレータ18はシステムの色度を表わす出力信号SVを形成し、同じく図示の目的によって示した減算器20に供給する。この減算器20の他の入力は、ターゲット速度TVにより形成される。ヘッドウェイ制御システムと、進行中の車両との間の相対速度RVは、減算器20の出力に生じ、CNTL14に供給され、かつ図示の目的のみで示された他のインテグレータ22にも供給される。インテグレータ22は、このシステムと前方進行中の車両間のヘッドウェイ値HWをCNTL14に供給する。CNTL14は、車両の加速速度を調整するように動作して、実際のヘッドウェイHWを所望のヘッドウェイDHに一致させる如くし、同時に予測加速と、相対速度を考慮に入れる。CNTL14は、計測した車両速度を制限するようにもないうる。例えばレーダ速度計より所望速度値DSを導くようにもないうる。

【0008】上述の如きヘッドウェイ制御システムは、所要の予知及び安定性の確保のため、可成りの数の回路を必要とする。

【0009】本発明の目的は、FMCWレーダ・システ

ムを使用するときの上述の如くのレンジ・ドップラー結合及び複雑化の問題を少しでも解決したレーダ・システムを得ることにある。

【0010】本発明によれば、将来の予測時間tにおけるレーダ装置に対し相対的に移動しているターゲットと該レーダ装置間の距離（レンジ）を予測するレーダ装置であり、基本周波数f（Hz）より上側に毎秒r（Hz）の割で周波数を変化（スイープ）させる周波数信号を反復送信する手段と、ターゲットより反射されたりターン信号の受信手段と、該リターン信号と、送信信号を表わす信号とを混合して差信号を形成するミキサ手段とを有し、この場合前記差信号はレーダ装置とターゲット間の距離による周波数成分と、ターゲットのレーダ装置との相対速度による周波数成分とを有しているレーダ装置において、所定の基本周波数fと予測時間tに対し、信号反復送信手段は、送信信号を

$$r = f / t$$

の速度でスイープさせる手段を有しており、このrの値は、レーダ装置に対するターゲットの相対速度に起因する差信号の周波数成分が、予測時間tにおいて、ターゲットがレーダ装置に対し前記相対速度で走行すべき距離に対応する如く選択することを特徴とする。

【0011】本発明は、FMCWレーダの送信信号周波数を特定の計算された速度でスイープさせる手段を設けることにより、上述の如きレーダのレンジ・ドップラー結合による不所望の影響を軽減するのみならず、良好に予測機能を発揮することを発見したことによって得られたものである。レーダは将来の時間tにおけるターゲットの距離の予測値を次の如くして提供する。すなわち、距離測定に導入すべきターゲットの速度によるドップラーシフト量を数式的に求めることによって予測値を得る。距離の予測値を得るためには、送信信号周波数を上側にスイープさせるを要する。予測時間長tの長さ、換言すれば所要の予測の程度によって、距離（レンジ）測定において許容されるドップラーシフトの量が定まる。この量は、レーダのスイープの時間長を変化させて便利に調整することができる。スイープの時間長が長い程予測時間長は長くなり、逆もまた然りである。典型的な自動車におけるクルーズ制御で必要とされる予測時間長は約1秒である。ターゲットまたは先行車の速度は短時間に極めて急激に変化することはないので正確な距離予測が得られる。

【0012】制御システム内でレーダのドップラー周波数シフトと距離の間の結合係数を調整することにより、ドップラー周波数シフトの所定の比率を有するフィードバック信号が得られる。この比率によると、制御ループを安定化させる速度のフィードバック値の所要の値が得られ、他の速度信号を導出したリ、他の制御ループまたは速度のフィードバックの程度の調節のための他の手段を必要としない。

【0013】本発明はそのレーダ装置（システム）を有するクルーズ（自動走行）制御システムにも関する。レーダ装置によって得られる距離（レンジ）信号が所定値以下のときは車両のブレーキあるいは車両の乗員の前の衝突保護バグを膨らませる手段を設けることができる。

【0014】本発明はかかるクルーズ制御システムを搭載し、距離決定方法を用いる車両（自動車）にも関する。

【0015】

【実施例】以下図面により本発明を説明する。図2は本発明によるFMCWレーダ・システムを有するクルーズ（自動走行）制御システム30を示す。出力周波数 f_c を有するデジタル・クロック68によってカウンタ62を制御する。インテグレータ（積分器）60は、RF源56に接続された出力を有して、RF源56の周波数を制御する。RF源56の出力をサーキュレータ34を経てアンテナ32に供給する。カウンタ62の出力を比較器64の第1入力に接続する。比較器64の第2入力をスレシヨールド供給手段66に接続する。スレシヨールド供給手段66は論理値0及び論理値1のそれぞれのリンクのセットを有している。比較器64の両入力

が一致すると、カウンタ62及びインテグレータ60にそれぞれ接続されているリセット信号RSTは高い値となり、これらカウンタ62及びインテグレータ60をリセットする。インテグレータ60をリセットするリセット信号は、代案としてインテグレータの出力に結合したアナログ比較器より導出することもできる。既知の如く、RF源の周波数スイープを直線化する技術を利用することができる。

【0016】サーキュレータ34を介して、アンテナ32よりの戻り信号を、ミキサ38の第1入力に接続する。戻り信号受信のため第2アンテナを設け、サーキュレータを省略することも可能である。方向性結合器58を介して、ミキサ38の第2入力をRF源56に接続する。ミキサ38の出力を低域濾波器40に接続し、ミキサの混合処理の差信号を形成する。この差信号を、周波数対電圧変換器（FVC）42に結合する。この電圧変換器（FVC）42は電圧出力信号を生じ、これを1対の比較器48、50の第1入力にそれぞれ供給する。比較器48、50の第2入力には、ヘッドウェイ スレシヨールド発生器44及び危険スレシヨールド発生器46の出力をそれぞれ接続する。比較器48の出力をスロットル制御手段52に供給して、計測した前方車間距離（ヘッドウェイ）がヘッドウェイ スレシヨールド以下のときは車両を加速する信号を生じ、これと反対のときは車両を減速させる。ヘッドウェイ スレシヨールドは車速に見合う値にセットし、この速度は既知の如くして自動制御する。比較器50の出力は、ブレーキ制御手段54に接続し、計測ヘッドウェイが危険レベル以下のと

きは車両のブレーキを動作させる。この信号をアンチ・ロック ブレーキ システムに結合させると便利である。

【0017】レーダ パラメータは次の如くして定められる。レーダの動作周波数、または基本周波数 f を選択する。これは既知の如く、周波数スペクトル中の使用許可周波数、並びに1個以上のレーダ アンテナの寸法の制限により定められる。80GHzが自動車用レーダの応用分野に好適な周波数である。所要のレンジの解は、スイープの行程（エクスカージョン）を決定する。例えば1mのレンジの解は、この周波数では150MHzのスイープのエクスカージョンを必要とする。これは図2に示したシステムでは、手段66によって与えられるスレシヨールドの大きさによって調節可能であり、このスレシヨールドは、VCO58の周波数に150MHzの変化を生ずるのに要するインテグレータ60への入力に相等しい。予測時間、あるいはレンジ測定が望まれる経過時間は1秒である。必要なスイープ率 r は、前述の時間 t で除した基本周波数 f に等しく、従って80GHz毎秒である。各スイープ エクスカージョンは150MHzであるため、 $8 \times 10^{10} / 1.5 \times 10^8$ スイープ/秒、または約533Hzのスイープ率が必要とされる。

【0018】本レーダ システムの予知動作の原理は次の如くである。

FMCWレーダに対し：ターゲット距離によるビート周波数は次で与えられる；

【数1】

$$f_{range} = \frac{2rs}{c} \quad (1)$$

式中、 r = スイープ速度 (Hz/s)

s = ターゲット距離 (レンジ) (m)

c = 光速 (m/s)

上式を書直すと：

【数2】

$$s = \frac{f_{range} \cdot c}{2r} \quad (2)$$

レーダに対し、ターゲット速度に起因するビート周波数は、

【数3】

$$f_{doppler} = 2 \frac{v}{c} \cdot f \quad (3)$$

式中、 f = 基本周波数 (Hz)

v = ターゲット速度 (m/s)

(2) 式の f_{range} 値に (3) 式の $f_{doppler}$ を代入すると、ターゲット速度に起因するレンジ計算のエラーが得られる、すなわちその値は、

【数4】

$$S_{\text{doppler}} = \frac{c}{2r} \cdot \frac{2v}{c} \cdot f = \frac{vf}{r}$$

ターゲット距離が、レーダのレンジ出力と同じになる時間 t は、レンジ エラーをターゲット相対速度で除することによって得られる。すなわち：

【数5】

$$t = \frac{f}{r}$$

ここで、 f は基本周波数であり、これは上述の制約または無線波スペクトルによって通常一定値に固定される。 t は予知時間であり、用途によって一定値であることが望まれる。 r 、すなわち、スイープ速度は、次の如く定義される。

【数6】

$$= \frac{\text{スイープ エクスカーション}}{\text{スイープ期間}} \quad (\text{定義})$$

スイープ エクスカーションは、レーダ システムの所望の精度によって規定されるので、スイープ期間は、当該用途に対して t の正しい値を生ずるように選択する必要がある。

【数7】

$$t = \frac{f \cdot \text{スイープ期間}}{\text{スイープ エクスカーション}}$$

従って：

【数8】

$$\text{スイープ期間} = \frac{t \cdot \text{スイープ エクスカーション}}{f}$$

【0019】動作にあたり、伝送すべき信号はRF源56より生じ、このRF源56は、リセット可能なインテグレータ60により形成される鋸歯状波の上昇電圧ランプにより駆動される。カウンタ62は、クロック68により供給されるパルスのカウントが、スレショルド供給手段66により供給されるスレショルド値に到達する迄カウントする。比較器64はカウントがスレショルド値に到達したことを検出すると、カウンタ62とインテグレータ60とをリセットする。送信周波数の増加速度は、インテグレータ60に一定レベル入力をセットし、クロック速度並びに周波数エクスカーションの大きさを定めるスレショルドにより調節することができる。この場合のスイープ繰返し速度は、クロック速度をスレショルド値で除算することにより求められる。

【0020】サーキュレータ34は送信信号をアンテナ32に通過させ、かつリターン信号をミキサ38に通過させる。送信中の信号の一部を受信信号と混合し、かつ濾波して差信号、すなわちビート信号を形成する。周波

数対電圧変換器(FVC)42で、上記差信号周波数を電圧値に変換し、比較器48、50で、2つのスレショルド値、すなわちヘッドウェイ スレショルド及び危険スレショルドと比較する。ヘッドウェイが過大であるか、または過小であれば、比較器48はスロットル制御手段52に信号を送り、当該車両の直前車両との相対位置を調節する。比較器46には、全体の速度制限値が与えられ、かつ車両の速度計よりの速度情報が供給されていて、速度制限値に應ずるようになっている。この比較器46により、予測ヘッドウェイが一定の限界値に達したことが検知されると、本システムは車両のブレーキ制御手段54により車両のブレーキを作動させるように動作する。ブレーキを作動させるヘッドウェイ値は、車速に応じて定まるようになし得る。

【0021】説明を簡略にするため、本発明によるレーダシステムを用いた衝突防止制御システムにつき述べた。しかし当業者には、例えば直線比例制御システムの如き他の制御方式を本レーダ システムで実現しうることも当然である。

【0022】図3は、図2のクルーズ制御システムを使用する車両70が先行車両72に後続する状況を示す概略図である。車両70は、制御入力76を持つ推進手段すなわちエンジン74、及び制御入力80を持つアンチロック制動システム(ABS)78を備えている。クルーズ制御システム30のアンテナ32は車両の前部に位置し、アンテナと車両72との間の双方向信号路は82と記される。制御信号76は(図2の)手段52により与えられ、制御信号80は(図2の)手段54により与えられる。車両70はまた、エンジン及びABS に対する手動制御(これらは図示されていない)をも持ち、車両運転者がクルーズ制御システムに優先してそれを用いることを可能としている。

【0023】本発明によるレーダー・システムは、制御ループを安定させるため速度フィードバックを与えるのに用いることができる。レーダーから供給される信号には本来、目標速度に依存するコンポネントが入っており、レンジ測定による周波数シフトとドップラー効果に起因する周波数シフトとのカップリングの程度が調整されて周波数フィードバックの所要量を給することができる。もしレーダーのスイープ・レートが増大すれば(これはスイープ期間がそれにより減少しないならレンジ解像度をも増大させ)、レーダー出力における周波数シフトのコンポネントに依存する速度の相対的效果が減少し、予測の程度が減少するし、又その逆でもある。速度フィードバックの程度は以前に与えた方程式を用いて計算できる。

【0024】本発明によるレーダー・システムは、集積回路で構成できるベースバンド直角受信機により実現さ

れる。

【0025】この明細書に開示されている以外にも当業者にとって明白な設計上、製造上の種々の変形がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、前方間隔制御システムの従来の技術の概略ブロック図である。

【図2】図2は、本発明によるクルーズ制御システムの概略ブロック図である。

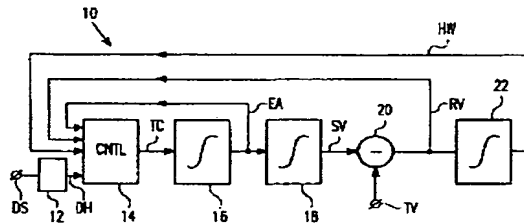
【図3】図3は、クルーズ制御システムを導入した車両の概略ブロック図である。

【符号の説明】

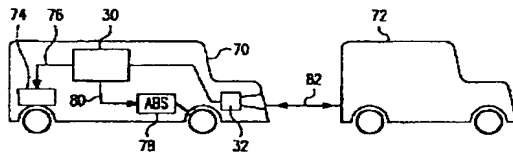
- 30 クルーズ制御システム
- 32 アンテナ
- 34 サークュレータ
- 38 ミクサ
- 40 低域通過フィルター

- 42 電圧変換器
- 44 前方間隔しきい値発生器
- 46 危険しきい値発生器
- 48, 50, 64 比較器
- 52 スロットル制御手段
- 54 ブレーキ制御手段
- 60 積分器
- 62 カウンタ
- 66 しきい値供給手段
- 68 クロック
- 70 クルーズ制御システムを使用する車両
- 72 先行車両
- 74 エンジン
- 76, 80 制御入力
- 78 アンチロック制動システム
- 82 アンテナと車両72との間の双方向信号路

【図1】



【図3】



【図2】

